

MODELIZACIÓN DEL DESARROLLO ECONÓMICO RURAL, MODELOS DE CRECIMIENTO ESPACIALES

Jesús Calzadilla¹
José Luis López
Aurelio Villa.

RESUMEN

Este trabajo pretende investigar como se comporta un modelo de crecimiento del empleo en un territorio geográficamente cerrado considerando tanto su vertiente espacial, y el efecto de rebosamiento espacial de la variable endógena de empleo, como su vertiente temporal considerando el comportamiento de las variables empleo y recursos en diferentes ejercicios económicos sucesivos. Esto último permite incorporar el efecto de relación temporal entre las variables permitiendo derivar otros indicadores temporales que según el modelo faciliten una explicación del comportamiento del empleo en el tiempo. Para evaluar el modelo se ha tomado como piloto una subcomarca de acentuado carácter rural de Palencia, y se ha utilizado la modelación SUR Espacial.

PALABRAS CLAVES

Desarrollo Rural, Modelos Econométricos Espaciales, SUR.

¹ Departamento de Economía y Ciencias Sociales Agrarias, ETSI Agrónomos Universidad Politécnica de Madrid, Avda. Complutense s/n, 28040 Madrid j.calzadilla@alumnos.upm.es, jluis.lopez@upm.es, aurelio.villa@upm.es

1.Introducción

El desarrollo de modelos estructurales para evaluar como los factores población, empleo, renta, recursos naturales y otras dotaciones existentes en el territorio se relacionan en un marco territorial, viene siendo un área de investigación permanente aplicada a diferentes problemas de políticas públicas; turismo rural [Thomson 2007], comercio y distribución rurales, retención de población, desarrollo industrial, impacto económico de los medios de transporte, etc.

Uno de los modelos econométricos más aplicados es el modelo de ecuaciones simultaneas de Carlino-Mills-Boarnet [Hoogstra 2005], empleado por primera vez en 1994 para investigar el crecimiento de la población y el empleo en una muestra de condados de EE.UU. En este modelo se integra un reparto espacial asociado a las variables dependientes para cubrir el efecto que sobre la población y el empleo tienen los desplazamientos según la oferta de trabajo o mejores facilidades existentes en el territorio. Su principal virtud es poder analizar como la distribución espacial de los recursos naturales y facilidades económicas inciden en los resultados, siendo pues una herramienta de simulación para estudiar políticas públicas teniendo en cuenta la realidad territorial.

En el siguiente esquema se presenta un ejemplo del modelo espacial de las ecuaciones de Carlino-Mills-Boarnet. Donde P representa la población en los municipios y E el empleo en dos momentos del periodo de cambio estudiado, S y T son factores externos que representan dotaciones y recursos productivos en el inicio del periodo de estudio, y W es la matriz de pesos espacial que relaciona el desplazamiento espacial (lag) de las variables población y empleo y es fija en el tiempo.

Esquema 1. Ecuaciones de Carlino-Mills

$$\begin{aligned}\Delta P &= \alpha_0 + \alpha_1 E_t + \alpha_2 P_{t-1} + \rho_1 W \Delta P + \alpha_k T_{t-1} \\ \Delta E &= \beta_0 + \beta_1 P_t + \beta_2 E_{t-1} + \rho_2 W \Delta E + \beta_k S_{t-1}\end{aligned}$$

Sin embargo no acaba de ofrecer un modelo económico que permitan ir a un análisis del comportamiento de las variables económicas cuando se incluyen dichos marcos espaciales, y así poder comparar los efectos diferentes de los territorios niveles de dotación y recursos. Como por ejemplo hacen los Modelos del Crecimiento de Solow-Swan.

En la investigación realizada [Calzadilla 2011] para adaptar formulaciones como la anterior al desarrollo territorial y rural, se ha estudiado varios enfoques con reparto espacial y autorregresión espacial, dando lugar a modelos que relacionan por ejemplo la población de un municipio, la dotación comercial de este, y la dotación comercial de las localidades cercanas con las que interacciona. Los modelos obtenidos ofrecen descripciones del comportamiento de las variables en línea con lo observado en la realidad. En el esquema siguiente se presenta la estructura del modelo del comercio. Donde L representa la población en cada municipio, S la dotación comercial (nótese que los superíndices L y P hacen referencia a la dotación local incluyendo el comercio informal y ocasional y P al comercio formal establecido). W es una matriz de pesos según una aproximación gravitacional de inversa de la distancia. Siendo J un indicador de la capacidad económica del municipio. Así por ejemplo a mayor capacidad económica (por ejemplo un crecimiento importante de población residente en verano por vacaciones) la población mínima residente sostenible puede ser menor que en otra población sin incremento temporal de capacidad económica con la misma dotación comercial territorialmente disponible.

Esquema 2. Modelo Espacial del Comercio

$$L_i = L_{oi} (S_i^L)^\alpha (W_g S_i^P)^{1-\alpha}, L_{oi} = A J_i^{-1}$$

Sin embargo para tener un modelo del crecimiento integral necesitamos tener en cuenta como la variación en el tiempo de las dotaciones de factores de producción, y el progreso tecnológico asociado incide en la población, el empleo y la renta. En el entorno de la economía rural donde hay una continúa conversión de los recursos humanos del sector agrario al sector industrial y servicios, el progreso tecnológico y las variaciones en el ciclo económico de las dotaciones de recursos puede tener efectos contrarios a los esperados según la geografía territorial. Es decir lo cerrado del territorio o la facilidad de acceso a grandes núcleos urbanos con industria.

En la investigación en curso, de la que esta comunicación es solo un avance, se conjugan modelos Cobb-Douglas Espaciales para las variables dependientes, con la utilización de modelos de panel transversales en los espacial y longitudinales en lo temporal mediante un modelo SUR (Seemingly Unrelated Regressions) Espacial [Anselin 1988]. Con ello se esta dando continuidad a la investigación realizada, resultando para el caso de una sola ecuación el modelo estudiado.

2. Modelo espacial de empleo

En este apartado se presenta de una forma esquemática el modelo de empleo espacial. Este modelo parte de los mismos postulados que Carlino-Mills, es decir que la población se desplaza a los municipios con mayor oferta de empleo y según Alonso [Vries 2001] esta atracción sigue una ley gravitatoria del cuadrado de la inversa de la distancia.

Sea R_i la renta del trabajo obtenida por la población empleada en la población (i). Esta renta estará compuesta por la obtenida por las personas trabajando en (i) y todas aquellas que trabajan en las poblaciones próximas donde se desplazan.

$$(1) \quad R_i = R_{Li} + R_{Ei}$$

Si llamamos r a la renta media por empresa, y X el número de empresas en los municipios podemos expresar la ecuación anterior de la siguiente forma:

$$(2) \quad R_i = \eta r_i X_i + \nu \kappa \sum_j \frac{r_j X_j}{d_{ij}^2}$$

Aunque podría considerarse la actividad agraria detalladamente entre los sectores industriales y de servicios considerados, no vamos a incluirla directamente ya que la renta del empleo agrario en muchas zonas rurales es una renta familiar donde trabaja toda la familia y no solo la renta de varios asalariados. El empleo agrario quedara pues asumido en el reparto del empleo total disponible en el municipio.

Así si consideramos que E sea el empleo total en el municipio (i), podemos siempre poner la renta generada como:

$$(3) \quad R_i = s_i E_i = \Phi[\alpha X_i + \beta \sum_{j \in \Gamma_1} \omega_{ij} X_j]$$

donde $\omega_{ij} = d_{ij}^{-2}$, $\Gamma_1 = (x_q : X_q > X_i)$ es decir donde hay mas oportunidades de trabajo que en (i).

La ecuación (3) del empleo quedará pues como sigue, donde B recoge ente otros el peso del empleo agrario no industrial y por tanto no registrado:

$$(4) \quad E_i = B_i[\alpha X_i + \beta \sum w_{ij} X_j]$$

Ahora bien, al igual que la población de (i) va a trabajar a otras poblaciones (j), también se da el caso de poblaciones (k) que van a trabajar a (i). Esto se traduce que el empleo total local de (i) se divide entre los trabajadores locales de (i) y todos los que vienen de fuera a trabajar en (i).

$$(5) \quad E_i = B_i[\alpha X_i + \beta \sum_{j \in \Gamma_1} w_{ij} X_j] + C_i[\theta \sum_{k \in \Gamma_2(X_i > X_k)} w_{ki} X_i]$$

donde aparece un incremento adicional de trabajadores en (i) externos al municipio que resta de la población local a este.

Para facilitar el trabajo con el modelo, vamos a expresarlo siguiendo una formulación de Cobb-Douglas, donde vamos introducir de una forma más manejable el efecto de desbordamiento espacial del trabajo sobre (i).

$$(6) \quad E_i = L_i \{WE\}_i^\beta X_i^\alpha$$

Este desbordamiento del trabajo lo vamos a medir como el efecto espacial ponderado que el empleo en las poblaciones cercanas tiene sobre (i).

Falta considerar el efecto del ciclo económico. El desplazamiento a otra población para trabajar depende de las expectativas de empleo que en el tiempo en dicha población puedan encontrarse, es decir no es instantáneo. La información y la toma de decisiones siempre vienen acompañadas de un retardo temporal que es inferior al año. Supongamos que este retardo lo simplificamos a un ejercicio económico. Con todo ello la anterior, la ecuación de modelo queda:

$$(7) \quad E_{it} = L_{it} \{WE_{t-1}\}_i^\beta X_{it}^\alpha$$

Queda ahora introducir el progreso tecnológico como factor que modifica en el tiempo la demanda de trabajo necesario. Una parte del progreso tecnológico quedara reflejado en la variación del número de industrias, ya recogido, que responde a la inversión y acumulación de capital en el tiempo. Por lo que la parte más directa de este progreso tecnológico tiene que ver con la variación de mano de obra industrial y de servicios con relación de aquella dedicada a labores agrarias poco tecnificadas. En general expresamos L de la siguiente manera:

$$(8) \quad L_{it} = \sum \eta_{it-j} L_{it-j}$$

que expresa como la variación depende de la acumulación de cambios por el progreso de años anteriores. En general en el límite esto suele expresarse como:

$$(9) \quad L_{it} = L_{i0} e^{\lambda t}$$

donde λ representa el progreso tecnológico típico en el territorio considerado.

3. Calculo del Modelo Econométrico

El modelo de datos considerado es de panel, con la componente transversal espacial (municipios) y la longitudinal temporal recogiendo varios ejercicios económicos, permitiendo así poder estudiar la variación temporal del modelo de empleo y sus características. Para apreciar mejor la forma de modelo de generación de datos, convertimos la ecuación (7) anterior en una ecuación lineal aplicando logaritmos. La ecuación resultante es de la forma:

$$(10) \quad Y_t = A_t + y_{t-1}\beta + x_t\alpha + \varepsilon_t$$

Suponemos que el componente de perturbación ε es normal, de media cero y varianza que solo depende del tiempo y no de la componente espacial.

El modelo econométrico a emplear para su tratamiento en este caso como panel espacio-temporal es un modelo SUR Espacial (SURE-SLM) [Anselin 1988] con las restricciones que se introducen para su resolución.

3.1. Modelos de Panel Espacio-Temporales SUR

Los modelos SUR (ecuaciones aparentemente no relacionadas) [Fiegi 2001, Ruud 2000] están basados en la especificación de un sistema de ecuaciones definidas en un contexto espacio-temporal y dependientes entre sí a través de sus términos de perturbación, resultando en una matriz de varianzas correlacionadas no diagonal.

En el modelo SUR estándar, cuando ($T > N$) la relación entre las ecuaciones surgirá como consecuencia de la correlación entre los términos espaciales de perturbación de cada ecuación del sistema. En el caso contrario cuando ($T < N$), modelo SUR Espacial, cada ecuación del sistema incorporará su propia estructura de dependencia espacial, ya sea esta declarada en la ecuación o en su término de perturbación (en este caso a través del término WE_{t-1}), y la relación entre las ecuaciones surge entre los términos temporales de perturbación. En nuestro caso esto facilita poder recoger la relación de las variables de un año con las del año anterior.

En el modelo SUR Espacial los coeficientes β serán constantes en el espacio pero variaran a lo largo del tiempo generándose correlación temporal entre ecuaciones. Es decir:

$$(11) \quad \begin{aligned} y_{it} &= Z_{it}\beta_t + \varepsilon_{it} \\ V(\varepsilon_{it}, \varepsilon_{is}) &= \sigma_{is}, \quad \Omega = \Sigma \otimes I \end{aligned}$$

Deberá tenerse en cuenta en su resolución y contraste de hipótesis la no esfericidad de la matriz de varianzas y covarianzas Ω de los términos de perturbación de las diferentes ecuaciones.

En el caso de las ecuaciones espaciales de empleo anteriormente descritas pueden utilizarse directamente MC3E o paquetes diseñados para resolver por MV los sistemas SUR-MCG. En este estudio se han utilizado las librerías SUR del “MATLAB Econometrics Toolbox” de la Universidad de Ohio USA.

En nuestro caso el modelo SUR, con un número de muestras temporales (5) menor que puntos espaciales (8), el conjunto de ecuaciones presenta la siguiente estructura, donde A, α, β son constantes en el espacio, pero que se calculan para cada periodo de tiempo como se indica en (11). Se han tomado cinco periodos incluyendo los años 2010, 2009, 2008, 2007, 2006.

$$(12) \quad \begin{bmatrix} Y_{s1} \\ \vdots \\ Y_{sn} \end{bmatrix}_{m=1,5}^{T=Tm} = \begin{bmatrix} \bar{1} & \bar{y}_{Tm-1} & \bar{x}_{Tm} \end{bmatrix}_{m=1,5} \begin{bmatrix} A \\ \beta \\ \alpha \end{bmatrix}_{m=1,5}^{T=Tm} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{s1} \\ \vdots \\ \varepsilon_{sn} \end{bmatrix}_{m=1,5}^{T=Tm}$$

3.2. Datos del modelo econométrico

El caso estudiado como piloto para el modelo corresponde a la subcomarca de Cervera de Pisuerga en Palencia, que es una zona rural de montaña con todas las dificultades económicas inherentes pero a su vez en proximidad de grandes centros urbanos como Aguilar de Campoo y Guardo. Los municipios de esta subcomarca son los ocho siguientes:

- Castrejón de la Peña
- Cervera de Pisuerga
- Dehesa de Montejo
- Muda
- La Pernia
- Polentinos
- San Cebrian de Muda
- Triollo

La disposición en el mapa de los municipios de la subcomarca, y las barreras naturales entre ellos puede apreciarse en el mapa señalado mas adelante.

La matriz W de pesos se construye a partir de la matriz de distancias entre las poblaciones según $w_{ij} = d_{ij}^{-2}$ normalizando las filas. La matriz de distancias en Kms es la siguiente:

Tabla 1 Matriz de distancias y accesibilidad entre los pueblos de la comarca

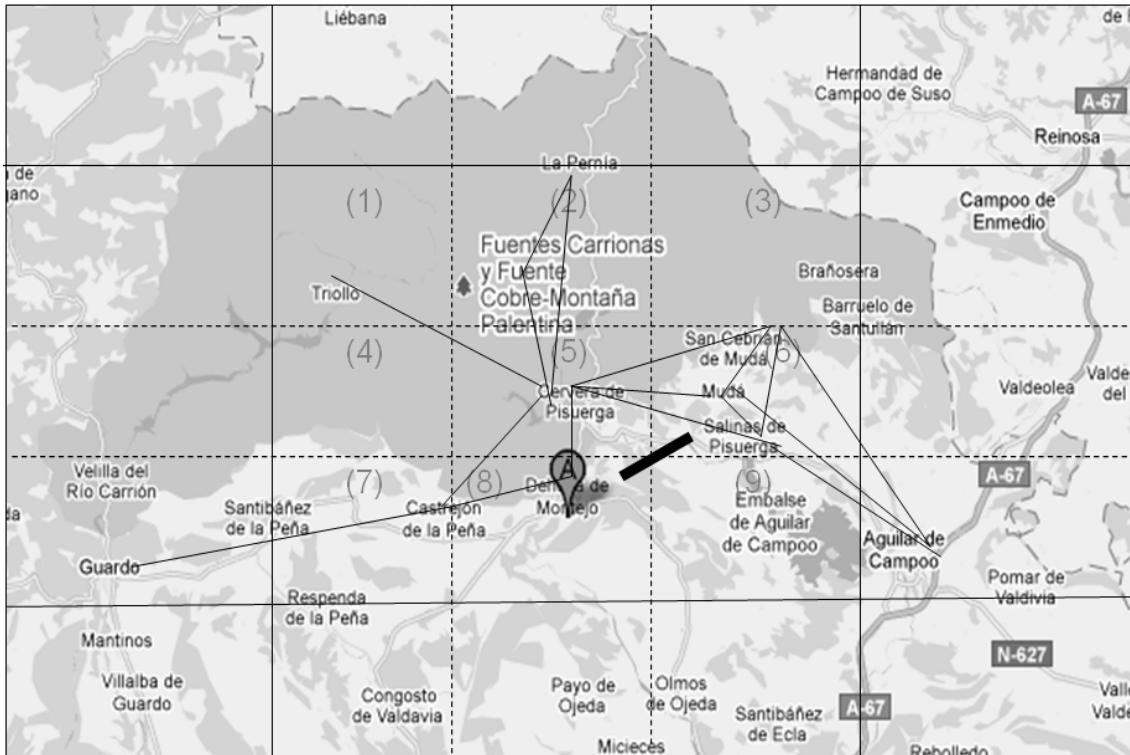
#	Municipios	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Castrejón Peña	0	13	10	0	0	0	0	0
2	Cervera Pisuerga	13	0	6	10	16	14	12	22
3	Dehesa Montejo	10	6	0	15	0	0	19	0
4	Muda	0	10	15	0	0	0	2	0
5	La Pernia	0	16	0	0	0	10	0	0
6	Polentinos	0	14	0	0	10	0	0	0
7	San Cebrian Muda	0	12	19	2	0	0	0	0
8	Triollo	0	22	0	0	0	0	0	0

Las series de datos de empleo/ocupación y número de establecimientos industriales, compilados a partir de sus códigos CNAE 2009, se han obtenido del Servicio de Información Estadística de la Junta de Castilla y León. La tabla de series de datos es la siguiente:

Tabla 2 Datos de ocupación y de industria en los pueblos de la comarca. Series temporales

Año	2010	2010	2009	2009	2008	2008	2007	2007	2006	2006	2005	2005
Municipio	Ocupación	Industria	Ocupación	Industria	Ocupación	Industria	Ocupación	Industria	Ocupación	Industria	Ocupación	Industria
Castrejón de la Peña	210	19	224	18	227	18	231	16	244	18	254	17
Cervera del Pisuerga	1206	245	1195	246	1234	227	1280	224	1249	219	1275	228
Dehesa de Montejo	67	3	63	7	64	5	77	5	81	5	90	7
Muda	43	2	48	2	42	2	44	2	34	2	34	2
La Pernia	185	27	191	26	199	26	190	25	191	20	185	25
Polentinos	32	1	33	1	27	1	27	1	32	1	30	1
San Cebrian de Muda	75	7	75	10	67	9	71	7	73	8	81	8
Triollo	36	7	36	10	38	9	34	8	35	7	39	5

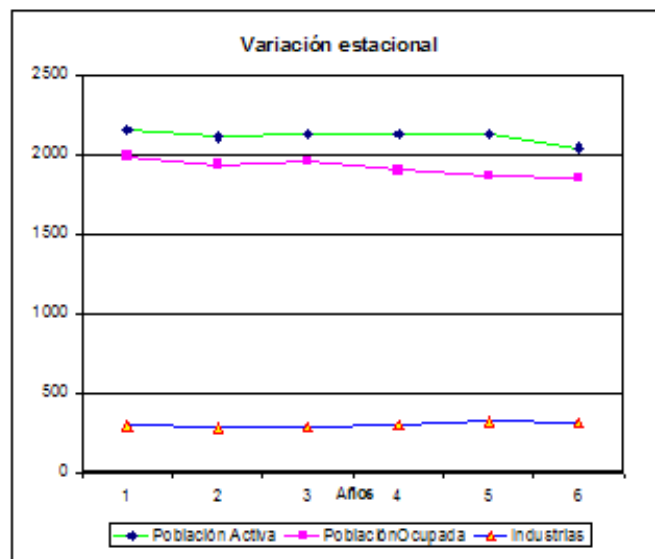
Ilustración 1. Mapa de posición de poblaciones e interacciones espaciales. Fuente: Google Maps y elaboración propia



En el mapa de distribución espacial puede apreciarse como Cervera de Pisuerga que es la población de mayor tamaño y recursos esta en el centro de todas las interacciones cuando se toman en cuenta los accesos de comunicación entre poblaciones.

Nótese en el gráfico adjunto como para el conjunto del territorio bajo estudio el número de personas ocupadas decrece en la medida que lo hace la población activa mientras el número de industrias crecen ligeramente en el tiempo, entre otras razones gracias al progreso tecnológico asociado.

Ilustración 2. Variación temporal empleo e industria



3.3. Cálculo del modelo econométrico

Los resultados del cálculo del modelo SUR-Espacial con componente espacial asociada a la variable endógena (SLM) se reflejan en la tabla siguiente. La equivalencia con las ecuaciones (10) y (12) es la siguiente:

$$(13) \quad \begin{aligned} Y_{it} &= \log E_{it} \\ y_{it-1} &= \log \{WE_{t-1}\}_i \\ x_{it} &= \log X_{it} \end{aligned}$$

Tabla 3. Coeficientes SUR estimados

Ecuación	Coef-A	t-prob.	Alpha	t-prob.	Beta	T-prob.	\bar{R}^2	Durbin-Watson
Sistema 2010	5.1462	0.0006	0.5048	0.0003	-0.284	0.05	0.82	0.96
Sistema 2009	5.5501	0.0008	0.4811	0.0008	-0.357	0.04	0.75	0.97
Sistema 2008	4.9825	0.0010	0.5473	0.0003	-0.282	0.06	0.80	0.84
Sistema 2007	5.2341	0.0008	0.5376	0.0003	-0.310	0.05	0.78	0.76
Sistema 2006	4.7081	0.0015	0.56043	0.0003	-0.226	0.12	0.78	1.04

Nótese de entrada que el efecto espacial del desplazamiento de trabajadores WE_{t-1} , presenta siempre un coeficiente (Beta) negativo. Es decir el efecto espacial resta trabajadores dados de alta (ocupados) en el municipio (i) cuanto mayor sea el valor de este factor desplazamiento.

El test de Wald para evaluar si los coeficientes de los cinco grupos ha dado el resultado siguiente:

$$(14) \quad \begin{aligned} H_0 : \theta_i^1 &= \theta_i^2 = \theta_i^3 = \theta_i^4 = \theta_i^5 \quad (i=2,3) \\ \text{Wald} &= 33.868 > F_{0.05}(8, 25) = 2.337 \end{aligned}$$

Es decir se rechaza la hipótesis cero de igualdad de coeficientes para Alpha y Beta en sus diferentes estimaciones temporales. Esto parece indicar que cada coeficiente forma una serie temporal que será estudiada mas adelante con muestras mayores.

Finalmente para el cálculo del progreso tecnológico se va a partir del Coef-A.

Como la serie temporal de valores del coef-A es muy corta, se va a realizar una primera estimación basándonos en la ecuación (9), utilizando MCO. Los resultados son los siguientes:


```

Ordinary Least-squares Estimates
R-squared   = 0.3672
Rbar-squared = 0.1562
sigma^2     = 0.0817
Durbin-Watson = 3.1738
Nobs, Nvars = 5, 2
*****
Variable    Coefficient    t-statistic    t-probability
variable 1   4.766509         15.901708      0.000541
variable 2   0.119236         1.319305      0.278723

```

Arrojando un valor de $\lambda = 0.119$, aunque con un pobre soporte estadístico. Es de notar que el test de Durbin-Watson nos indica la presencia de una posible autocorrelación temporal más en línea con la estructura de la ecuación (8).

4. Conclusiones

La aproximación utilizada parece ofrecer bastantes posibilidades para estudiar los problemas de desarrollo de territorios rurales o aquellos donde el desarrollo económico este concentrado en puntos o poblaciones a donde la gente se desplaza a trabajar desde otros puntos siguiendo la oferta de trabajo.

El modelo simplificado empleado tiene dos vertientes, una espacial (transversal) y una temporal (longitudinal) permitiendo recoger ambos efectos, y obtener los coeficientes del modelo siguiendo su variación y comportamiento temporal. Estos coeficientes permiten saber el impacto de los recursos locales, que son muy importantes según la aproximación, y el impacto de los desplazamientos en el territorio, que son como era de esperar negativos aunque reducidos desde la óptica del empleo local.

En esta aproximación el modelo espacial permite recoger las características de conexión de las economías a través de un modelo de la geografía del territorio y por tanto las posibilidades de desplazamiento de la población a otros centros de trabajo. El modelo temporal permite recoger la variación resultante de los diferentes ejercicios económicos, y aunque no se contempla directamente en el trabajo, recoge indirectamente los shocks de la economía local en un momento del tiempo.

Hay sin embargo que mencionar que el piloto utilizado es demasiado pequeño, aunque sea fácil de trabajar con el, dando lugar a regresiones con muy pocas muestras lo que no favorece la convergencia rápida de los estadísticos ni la posibilidad de estudiar las series temporales de los coeficientes dada su corta longitud. Esto es en particular observable con el estudio del coeficiente de progreso.

Otro punto que queda oscuro es la actividad agraria no asalariada dentro de la población ocupada, que queda asumida dentro del coeficiente constante de las ecuaciones y produce distorsión en el coeficiente de progreso.

5. Bibliografía

Anselin L. (1988). *Spatial Econometrics: Methods and Models*. Dordrecht: Kluwer.

Calzadilla J., López J.L., Villa A. (2011). "Aproximación a la Sostenibilidad del Comercio en el medio rural". VIII Congreso Economía Agraria, AEEA, Madrid, Spain.

Calzadilla J., López J.L., Villa A. (2011). "Spatial effects on Rural Commerce". ICABR-2011 International Conference on Applied Business Research, Johor-Bharu, Malaysia.

Fiebig D.G. (2001). *Seemingly Unrelated Regressions*. An Companion to Theoretical Econometrics. Blackwell Massachusetts.

Hoogstra Gerke J., Florax Raymond J., Van Dick J. (2005). "*Do jobs follow people or people follow jobs? A meta-analysis of Carlinio-Mills Studies*". European Regional Science Association. 45th Congress Amsterdam, The Netherlands.

Ruud P.A. (2000). *Classical Econometric Theory*. Oxford University Press.

Thomson E. (2007) "*Measuring the Impact of Tourism on Rural Development: An econometric approach*". MCRSA Presidential Symposium, JRAP 27(2), 147-154

Vries (de) J.J., Nijkam P., Rietveld P. (2001). "*Alonso Theory of Movement, Developments in Spatial Interaction Models*". Journal Geographic Systems (2001) 3:233-256.